

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-135072

⑬ Int. Cl.⁹

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)6月10日

H 01 L 29/784
29/68

8225-5F

8728-5F

H 01 L 29/78

3 2 1 J

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 絶縁ゲートバイポーラトランジスタ

⑯ 特 願 平1-273202

⑰ 出 願 平1(1989)10月20日

⑱ 発 明 者 西 浦 彰

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

⑲ 出 願 人 富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 山口 巖

明 細 書

1. 発明の名称 絶縁ゲートバイポーラトランジスタ

2. 特許請求の範囲

1) 高不純物濃度で第一導電型の第一領域と、第一領域上に設けられた高不純物濃度で第二導電型の第二領域と、第二領域上に設けられた低不純物濃度で第二導電型の第三領域と、第三領域表面部に選択的に形成された第一導電型の第四領域と、第四領域表面部に選択的に形成された高不純物濃度で第二導電型の第五領域を有し、第四領域の第三領域と第五領域ではさまれた部分をチャネル領域としてその上に絶縁膜を介してゲート電極を備え、第一領域の表面にコレクタ電極が、第四領域および第五領域の表面に同時にエミッタ電極がそれぞれ接触するものにおいて、第二領域の厚さが15 μ m以下であり、面積当たりの不純物総量が 5×10^{14} (cm^{-3})以下であることを特徴とする絶縁ゲートバイポーラトランジスタ。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、スイッチング電源、インバータ、テレビジョンおよびディスプレイの水平偏向回路等に用いられる絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(以下IGBTと記す)に関する。

(従来の技術)

近年、インバータ、スイッチング電源、水平偏向等の動作周波数の高周波化が急速に進んでいる。これらの用途に用いる電力用のスイッチング素子としては、高速で低損失のものが不可欠であり、その最も有力なものとして、IGBTが注目されている。IGBTの構成は第1図に示す通りである。すなわち、p⁺基板1(第一領域)上に高抵抗のn⁺層2(第三領域)が積層され、このn⁺層2の表面部に選択的にp⁺層3(第四領域)が、さらにp⁺層3の表面部に選択的にn⁺層4(第五領域)が形成され、p⁺層3のn⁺層2とn⁺層4ではさまれた表面領域をチャネル領域5としてその上にゲート絶縁膜6を介してゲート端子Gに接続されたゲート電極7が配置されている。そして、エミッタ端子Eに接続され、p⁺層3とn⁺

層4に接触するエミッタ電極8と、コレクタ電極9に接触され、p⁺基板1の表面に接触するコレクタ電極9とを備えている。

このIGBTは、コレクタ電極9に正の電圧がかけられているときにゲート電極7に正の電圧を与えると、チャネル領域5を介してpnpトランジスタのベース領域に当たるn⁺層2に電流が流れ、バイポーラトランジスタがオンする。ゲート電極7の電圧を0にするか、負にすると、ベース電流を供給していたチャネルが閉じられるのでバイポーラトランジスタがオフする。バイポーラトランジスタがオフする時には、n⁺層2に存在する過剰な電子と正孔が再結合によって消滅する時間が必要となり、短いターンオフ時間を達成するため、様々な工夫が行われている。その方法の一つがp⁺層1とn⁺層2の間にn⁺層10(第二領域)を設けるという方法である。p⁺層1からn⁺層2への正孔の注入効率(γ)は、p⁺-n⁺接合の両側の不純物濃度差に比例し、この注入効率(γ)が大きいほど、オン動作時のn⁺層2中の

電子・正孔濃度は大きくなり、オフ時に再結合により消滅するのに時間がかかる。またオフ時に正孔の注入がおこりやすいために、いわゆるテール電流も大きくなりやすい。そこでp⁺層1とn⁺層2の間にn⁺層10を設けることで、pn接合の注入効率(γ)を下げることで、ターンオフに要する時間を短くできる。

(発明が解決しようとする課題)

上記のようにp⁺層1とn⁺層2の間にn⁺層を設けることによって注入効率を低減することによりターンオフ時間を短くできるが、しかし、一方でこのために素子がターンオンするのに要する時間が長くなってしまふという欠点を持つ。すなわち、ターンオン時にn⁺層2の電子・正孔の濃度が高くなっていわゆるバイポーラモードとなり、この領域の抵抗が十分低くなるまでに、長い時間が必要となる。このことは、ターンオン時のスイッチング損失を増大させる原因となり、素子を高周波で動作させるときの障害となる。

本発明の目的は、上記の欠点を解消して、ター

ンオフ時間を長くすることなく、ターンオン時間を短くし、ターンオン損失を低減することが可能なIGBTを提供することにある。

(課題を解決するための手段)

上記の目的を達成するために、本発明は、高不純物濃度で第一導電型の第一領域と、第一領域上に設けられた高不純物濃度で第二導電型の第二領域と、第二領域上に設けられた低不純物濃度で第二導電型の第三領域と、第三領域表面部に選択的に形成された第一導電型の第四領域と、第四領域表面部に選択的に形成された高不純物濃度で第二導電型の第五領域を有し、第四領域の第三領域と第五領域ではさまれた部分をチャネル領域としてその上に絶縁膜を介してゲート電極を備え、第一領域の表面にコレクタ電極が、第四領域および第五領域の表面に同時にエミッタ電極がそれぞれ接触するIGBTにおいて、第二領域の厚さが15 μ m以下であり、面積当たりの不純物総量が5 $\times 10^{14}$ (cm⁻³)以下であるものとする。

(作用)

第1図に示したnチャネルIGBTに例をとって作用を説明する。p⁺層1とn⁺層10の間のpn接合の正孔の注入効率は、接合近傍の不純物濃度で決まる。すなわち、n⁺層10の不純物濃度をN₂、p⁺層1の不純物濃度をN₁とすると、注入効率 γ は次の式で表わされる。

$$\gamma = \left(1 + C \frac{N_2}{N_1} \right)^{-1} \quad \text{.....(1)}$$

ただし、Cは定数である。従ってn⁺層10の不純物濃度を大きくするほど注入効率は小さくなり、ターンオフ時間は短くなる。しかし、一方で、n⁺層10の不純物総量が多くなると、n⁺層10に注入された正孔はn⁺層2に達するまでに多数キャリアである電子と再結合して消滅してしまい、n⁺層2に達する正孔はわずかになってしまう。その結果、ターンオフ時間を短くしようとしたために、第2図に示すような高い過渡オン電圧が生ずるターンオン特性となり、ターンオン時間が長くなるという欠点がある。これを防ぐために、n⁺層10の不純物総量を5 $\times 10^{14}$ (cm⁻³)以下にすると共

に n^+ 層10の厚さを薄くし、 p^+ 層1との接合近傍の不純物濃度 N_1 の値が高くなるようにする。このようにすることで、 n^+ 層10を過って n^+ 層2に達する正孔の密度を大きくすることができ、さらにターンオフ時の正孔の注入は $p^+ - n^+$ 接合により決まる注入効率で制限できる。すなわち、ターンオン時には n^+ 層2への正孔をすみやかに行うことで第3図に示すようなターンオン特性となってターンオン時間を短くでき、ターンオフ時には制限された注入効率により短いターンオフ時間を期待できる。このような作用は、 n 型と p 型を入れ換えた p チャネルIGBTでも同様である。(実施例)

第1図に示すような断面構造をもつIGBTにおいて、重要な量は(1)式からわかるように、 p^+ 層1の不純物濃度と n^+ 層10の不純物濃度および n^+ 層10の厚さである。 p^+ 層1は、一般的に基板となるので、不純物濃度はできるだけ高くして比抵抗を低くすることが望ましい。 p^+ 層1の不純物濃度は、例えば、 $2 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{18} (\text{cm}^{-3})$

程度である。このような不純物濃度の p^+ 層1と組み合わせるべき本発明による n^+ 層10の不純物濃度と過渡オン電圧の関係は、 n^+ 層10の厚さが $15 \mu\text{m}$ のとき第4図の線41のようになり、不純物濃度 $5 \times 10^{16} (\text{cm}^{-3})$ 以下で低い過渡オン電圧が得られた。しかし、 n^+ 層10の厚さが $20 \mu\text{m}$ のときには、線42で示すように過渡オン電圧が高くなる。一方、 n^+ 層10の厚さと過渡オン電圧との関係は、 n^+ 層10の不純物濃度が $5 \times 10^{16} (\text{cm}^{-3})$ のときには第5図の線51のようになり、 n^+ 層の厚さ $15 \mu\text{m}$ 以下で低い過渡オン電圧が得られた。しかし、 n^+ 層10の不純物濃度が $1 \times 10^{17} (\text{cm}^{-3})$ のときには、線52で示すように過渡オン電圧が高くなる。

ターンオフ時間を短くするには(1)式において N_1 が $3 \times 10^{16} (\text{cm}^{-3})$ 程度以上であることが望ましい。 n^+ 層10の不純物濃度が $3 \times 10^{17} (\text{cm}^{-3})$ であり、厚さが $15 \mu\text{m}$ であれば、不純物総量は $4.5 \times 10^{14} (\text{cm}^{-2})$ となる。ターンオン特性を重視して n^+ 層10の厚さを $10 \mu\text{m}$ とするならば、 n^+ 層10の不純物総量は $3 \times 10^{14} (\text{cm}^{-2})$ となる。これらは、

p チャネルIGBTでも同様に実施できることはもちろんである。

(発明の効果)

本発明によれば、IGBTのバイポーラトランジスタのコレクタとなる第一導電型の第一領域とベースとなる第二導電型の第三領域との間に介在する高不純物濃度の第二導電型の第二領域の不純物総量を $5 \times 10^{14} (\text{cm}^{-2})$ 以下とすることにより、ターンオン時間を短くし、ターンオン損失を低減することができる。そして、第二領域の厚さを $15 \mu\text{m}$ にすることによりターンオフ時間を短く保つことができる。この結果、ターンオン、ターンオフ両特性の調和のとれたIGBTを得ることができた。

4. 図面の簡単な説明

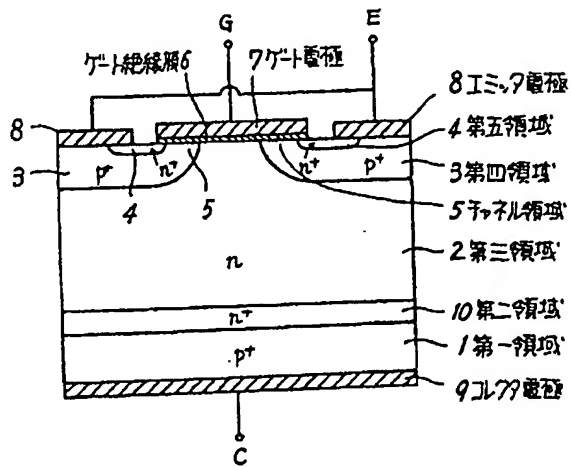
第1図は本発明の実施されるIGBTの断面図、第2図は従来のIGBTのターンオン特性線図、第3図は本発明の実施例のIGBTのターンオン特性線図、第4図は n^+ 層の不純物総量と過渡オン電圧の関係線図、第5図は n^+ 層の厚さと過渡

オン電圧の関係線図である。

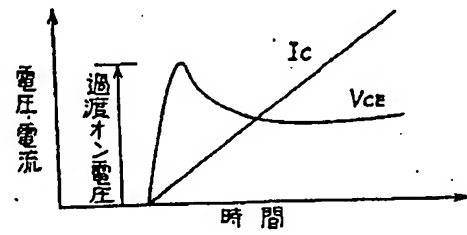
1: p^+ 層(第一領域)、2: n^+ 層(第三領域)、3: p^+ 層(第四領域)、4: n^+ 層(第五領域)、5: チャネル領域、6: ゲート絶縁膜、7: ゲート電極、8: エミッタ電極、9: コレクタ電極、10: n^+ 層(第二領域)。

代理人 山 口 貞

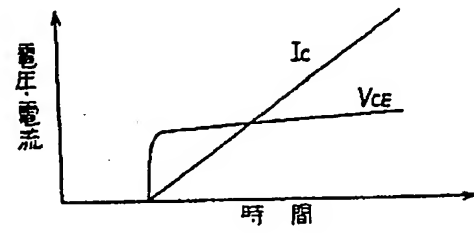




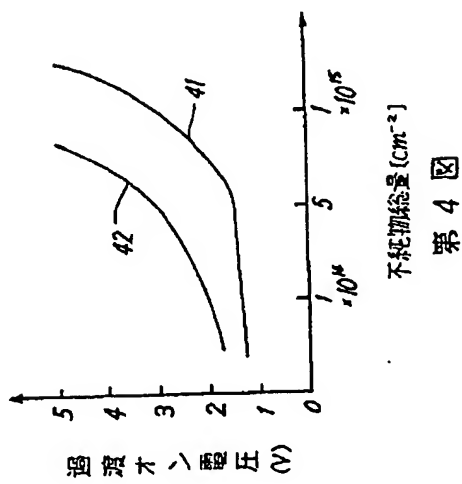
第 1 図



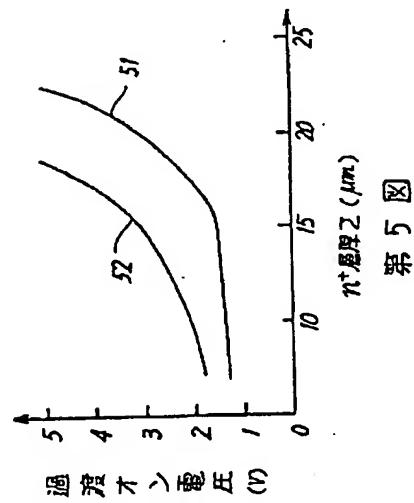
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第 5 図